

Udara ambien – Bagian 15: Cara uji partikel dengan ukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM₁₀) menggunakan peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode gravimetri



© BSN 2016

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
3 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Cara uji	2
4.1 Prinsip	2
4.2 Bahan	2
4.3 Peralatan	2
4.4 Persiapan filter	3
4.5 Pengambilan contoh uji	3
4.6 Penimbangan contoh uji	4
4.7 Perhitungan	4
5 Pengendalian mutu	5
Lampiran A	6
Lampiran B	7
Bibliografi	12
Gambar 1 – Contoh High Volume Air Sampler dengan inlet selektif PM ₁₀ (HVAS – PM ₁₀)	3
Gambar B.1 – Rangkaian peralatan saat kalibrasi <i>orifice</i>	8
Gambar B.2 – Pelat resistans dan katup resistans variabel	9
Gambar B.3 – Contoh grafik kalibrasi <i>orifice</i>	10
Tabel B.1 – Lembar kalibrasi <i>orifice</i> transfer standard	7

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7119.15:2016 dengan judul *Udara ambien – Bagian 15 : Cara uji partikel dengan ukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) menggunakan peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan metode gravimetri*, merupakan SNI baru.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 13-03 *Kualitas lingkungan*. Standar ini telah dibahas dan disetujui dalam rapat konsensus nasional di Jakarta, pada tanggal 15 Juni 2016. Konsensus ini dihadiri oleh para pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait, yaitu perwakilan dari produsen, konsumen, pakar dan pemerintah.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 13 September 2016 sampai dengan 13 November 2016, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.



Udara ambien – Bagian 15: Cara uji partikel dengan ukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) menggunakan peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode gravimetri

1 Ruang lingkup

Standar ini digunakan untuk penentuan partikel dengan ukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) dalam udara ambien di lingkungan hidup, menggunakan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan nilai rata-rata laju alir $1,1 \text{ m}^3/\text{menit}$ sampai dengan $1,7 \text{ m}^3/\text{menit}$ selama 24 jam pada konsentrasi minimum $5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

2 Acuan normatif

SNI 19-7119.6, *Udara ambien – Bagian 6: Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien.*

3 Istilah dan definisi

Untuk keperluan penggunaan Standar ini, berlaku istilah dan definisi berikut.

3.1

udara ambien

udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya

3.2

filter

filter atau media filter dengan efisiensi pengumpulan untuk partikel kecil (ukuran submikrometer) sehingga semua partikel target dapat terkumpul

3.3

high volume air sampler

peralatan yang digunakan untuk pengumpulan kandungan partikel melalui filtrasi sejumlah besar volume udara di atmosfer dengan memakai pompa vakum kapasitas tinggi, yang dilengkapi dengan filter, alat ukur, dan kontrol laju alir

3.4

inlet selektif PM_{10}

peralatan yang dipasang di bagian atas dari *high volume air sampler* sebelum filter, yang dapat menahan aliran partikel berdiameter lebih besar dari $10 \mu\text{m}$, dan meneruskan aliran partikel di bawah $10 \mu\text{m}$

3.5

Particulate Matter 10 (PM_{10})

partikel di udara yang berukuran lebih kecil atau sama dengan $10 \mu\text{m}$

3.6

$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

satuan ini dibaca sebagai mikrogram per normal meter kubik, notasi N menunjukkan satuan volume hisap udara kering dikoreksi pada kondisi normal (25°C , 760 mmHg)

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Udara diambil melalui inlet selektif PM₁₀ dan dilewatkan pada filter dengan ukuran 20,3 cm × 25,4 cm (8 in × 10 in) dan efisiensi penyaringan minimum 98,5 % setara dengan porositas 0,3 µm pada kecepatan aliran 1,1 m³/menit sampai dengan 1,7 m³/menit selama 24 jam ± 1 jam. Jumlah partikel yang terakumulasi dalam filter dianalisa secara gravimetri. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk satuan massa partikulat yang terkumpul per satuan volume contoh uji udara yang diambil sebagai µg/Nm³.

4.2 Bahan

4.2.1 Filter

Secara umum pemilihan filter bergantung terhadap kondisi lingkungan pengambilan contoh uji. Hal yang penting untuk diperhatikan adalah penentuan seleksi dan pemakaian karakteristik filter. Adapun beberapa macam filter yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- a) filter serat kaca (*fiber glass*);
- b) filter serat kuarsa;
- c) filter politetrafluoroetilena (PTFE) yang dilapisi serat kaca (*fiber glass*); dan
- d) filter membran PTFE.

CATATAN Contoh uji dengan partikel yang mengandung banyak bahan organik gunakan filter PTFE.

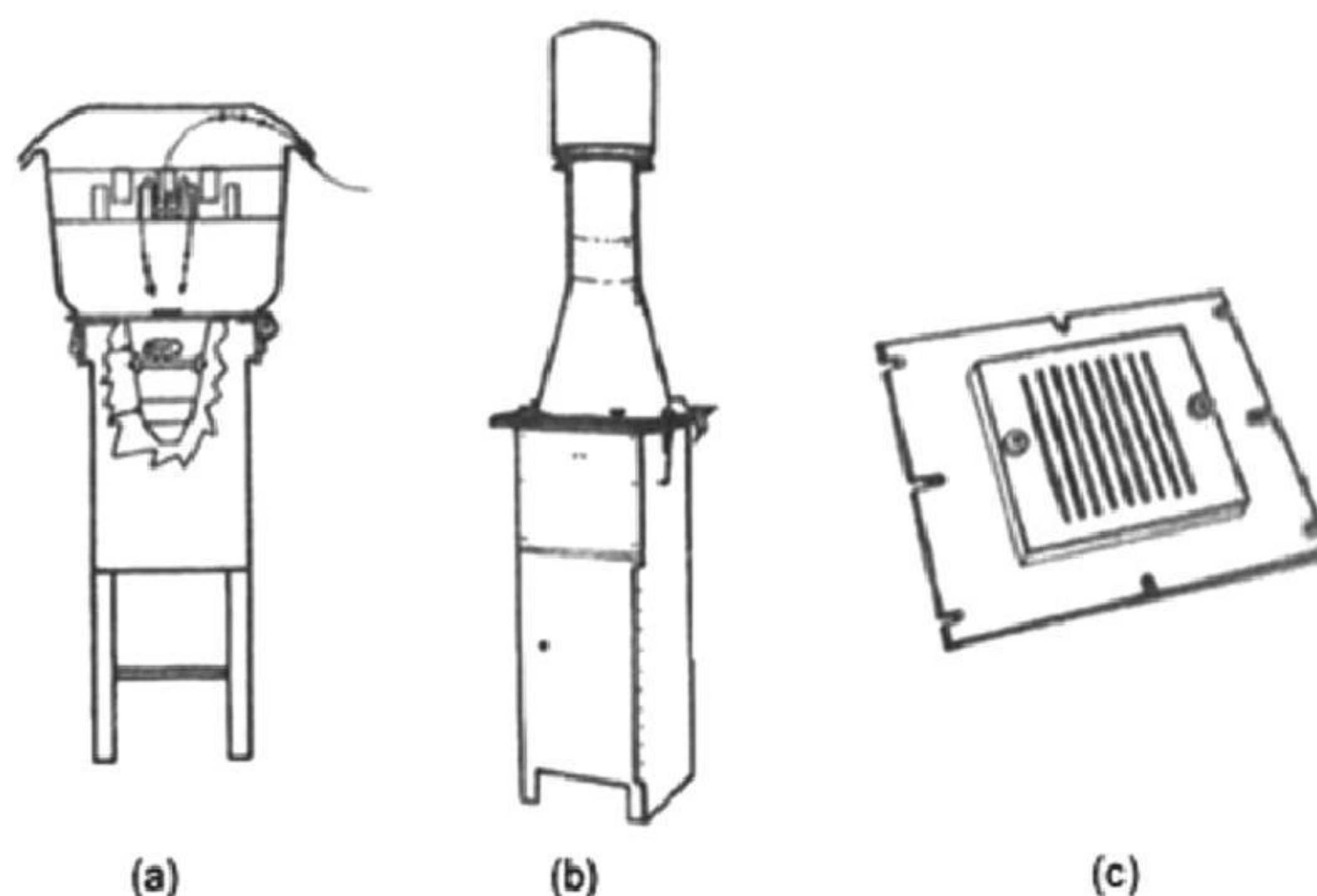
4.2.2 Wadah penyimpanan filter (*filter jacket*)

Wadah penyimpanan filter pada umumnya terbuat dari kertas, penggunaan wadah plastik dapat menyebabkan pengaruh elektrostatis yang dapat menarik partikel contoh uji menempel di wadah.

4.3 Peralatan

- a) peralatan HVAS yang dilengkapi dengan inlet selektif PM₁₀;
- b) timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg;
- c) barometer;
- d) manometer yang mampu mengukur hingga 4 kPa (40 cm H₂O) atau pencatat laju alir yang mampu membaca laju alir dengan ketelitian minimum 0,1 m³/menit;
- e) pencatat waktu yang mampu membaca selama 24 jam;
- f) termometer;
- g) desikator; dan
- h) pinset.

CATATAN Penimbangan dilakukan pada ruangan dengan temperatur 15 °C sampai dengan 35 °C dan kelembaban relatif < 50 %.



Keterangan gambar:

- (a) adalah HVAS dengan inlet *opposed jet*;
- (b) adalah HVAS dengan inlet aliran siklonik (*cyclonic flow*);
- (c) adalah inlet cascade impactor.

Gambar 1 – Contoh High Volume Air Sampler dengan inlet selektif PM₁₀ (HVAS – PM₁₀)

4.4 Persiapan filter

- a) beri identitas pada filter;
- b) simpan filter pada ruangan yang sudah dikondisikan dengan temperatur 15 °C sampai dengan 35 °C dan kelembaban relatif < 50 % serta biarkan selama 24 jam;
- c) timbang lembaran filter dengan timbangan analitik (W_1);

CATATAN Bila digunakan desikator, maka penimbangan filter dilakukan hingga didapatkan berat konstan, yaitu selisih penimbangan terakhir dan sebelumnya 4 % atau 0,5 mg

- d) simpan filter ke dalam wadah dengan lembaran antara (*glassine*) kemudian bungkus dengan plastik selama transportasi ke lapangan

4.5 Pengambilan contoh uji

Pengambilan contoh uji dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- a) tempatkan alat uji di posisi dan lokasi pengukuran menurut metoda penentuan lokasi titik ambien sesuai SNI 19-7119.6;
- b) tempatkan filter pada filter *holder*;
- c) pasang inlet selektif PM₁₀;
- d) lakukan pengambilan contoh uji selama 24 jam \pm 1 jam dengan menyambungkan pencatat waktu ke motor untuk mendeteksi kehilangan waktu karena gangguan listrik kemudian hidupkan alat uji dan pantau laju alir udara setiap jam. Catat waktu, tanggal, temperatur, tekanan barometer, serta laju alir, pastikan laju alir udara berada pada rentang 1,1 m³/menit sampai dengan 1,7 m³/menit;

CATATAN 1 Bila filter sudah penuh dengan partikel, ditandai dengan turunnya laju alir < 1,1 m³/menit ganti filter dan pengambilan contoh uji segera dilanjutkan.

CATATAN 2 Aerosol cair, seperti minyak dan partikel sisa pembakaran yang tertinggal di filter dapat menyebabkan filter yang digunakan menjadi basah dan rusak serta filtrasi tidak terjadi dengan baik. Jika hal tersebut terjadi, segera ganti filter, filter lama tetap diperlakukan sebagai contoh uji.

CATATAN 3 Kemungkinan terjadinya kegagalan voltase atau padamnya listrik pada saat pengambilan akan menyebabkan kesalahan, maka pencatatan laju alir dilakukan secara berkala.

- e) pindahkan filter secara hati-hati, jaga agar tidak ada partikel yang terlepas, lipat filter dengan posisi contoh uji berada di bagian dalam lipatan. Simpan filter tersebut ke dalam wadah penyimpan filter dan beri identitas.

CATATAN Benda selain partikel seperti serangga yang tertangkap dalam filter akan menambah berat. Pisahkan dengan menggunakan pinset.

4.6 Penimbangan contoh uji

- a) simpan filter pada ruangan yang sudah dikondisikan dengan temperatur 15 °C sampai dengan 35 °C dan kelembaban relatif < 50 % serta biarkan selama 24 jam;
- b) timbang filter dan catat massanya (W_2).

CATATAN Bila digunakan desikator, maka penimbangan filter dilakukan hingga didapatkan berat konstan, yaitu selisih penimbangan terakhir dan sebelumnya 4 % atau 0,5 mg.

4.7 Perhitungan

4.7.1 Koreksi laju alir pada kondisi standar

$$Q_s = Q_0 \times \left[\frac{T_s \times P_0}{T_0 \times P_s} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

keterangan:

- Q_s adalah laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (Nm^3/menit);
 Q_0 adalah laju alir volume uji (m^3/menit);
 T_s adalah temperatur standar, 298 K;
 T_0 adalah temperatur rata-rata aktual ($273 + T$ ukur) dimana Q_0 ditentukan;
 P_s adalah tekanan barometrik standar, 101.3 kPa (760 mmHg);
 P_0 adalah tekanan barometrik rata-rata aktual dimana Q_0 ditentukan.

CATATAN Jika menggunakan manometer, Q_0 didapatkan dengan melakukan konversi tekanan menjadi laju alir menggunakan kurva korelasi yang didapat saat kalibrasi *orifice* sesuai Lampiran B.

4.7.2 Volume udara yang diambil

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \times t \quad (2)$$

keterangan:

- V adalah volume udara yang diambil (Nm^3);
 Q_i adalah pencatatan laju alir ke – i (Nm^3/menit);
 n adalah jumlah pencatatan laju alir;
 t adalah durasi pengambilan contoh uji (menit).

CATATAN Jika menggunakan alat pengukur volume otomatis, catat volume dan konversikan ke volume pada keadaan standar

4.7.3 Konsentrasi PM₁₀ dalam udara ambien

Konsentrasi PM₁₀ dalam contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V_{\text{std}}} \quad (3)$$

keterangan:

- C adalah konsentrasi massa partikel tersuspensi (µg/Nm³);
 W₁ adalah berat filter awal (g);
 W₂ adalah berat filter akhir (g);
 V_{std} adalah volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm³);
 10⁶ adalah konversi gram (g) ke mikrogram(µg).

5 Pengendalian mutu

- Gunakan filter sesuai persyaratan.
- Gunakan manometer atau pencatat laju alir, termometer, barometer, dan neraca analitik yang terkalibrasi.
- Bila menggunakan genset sebagai sumber daya, posisi genset ditempatkan minimum 20 m dengan posisi *down wind*.
- Pastikan HVAS yang digunakan laik pakai.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat minimal hal-hal sebagai berikut pada lembar kerja:

- 1) Parameter yang diukur.
- 2) Nama petugas pengambil contoh uji.
- 3) Tanggal pengambilan contoh uji.
- 4) Nomor contoh uji.
- 5) Lokasi pengambilan contoh uji.
- 6) Data pengambilan contoh uji seperti, kondisi meteorologi, lama uji, volum contoh uji.
- 7) Konsentrasi PM₁₀ dalam contoh uji.



Lampiran B
(normatif)
Prosedur kalibrasi orifice

1. Catat pada lembar kerja sertifikasi *orifice transfer standard* nomor seri volume meter standar; jenis *orifice transfer standard*, model, dan nomor seri; orang yang melakukan kalibrasi; dan tanggal. (lihat Tabel B.1)

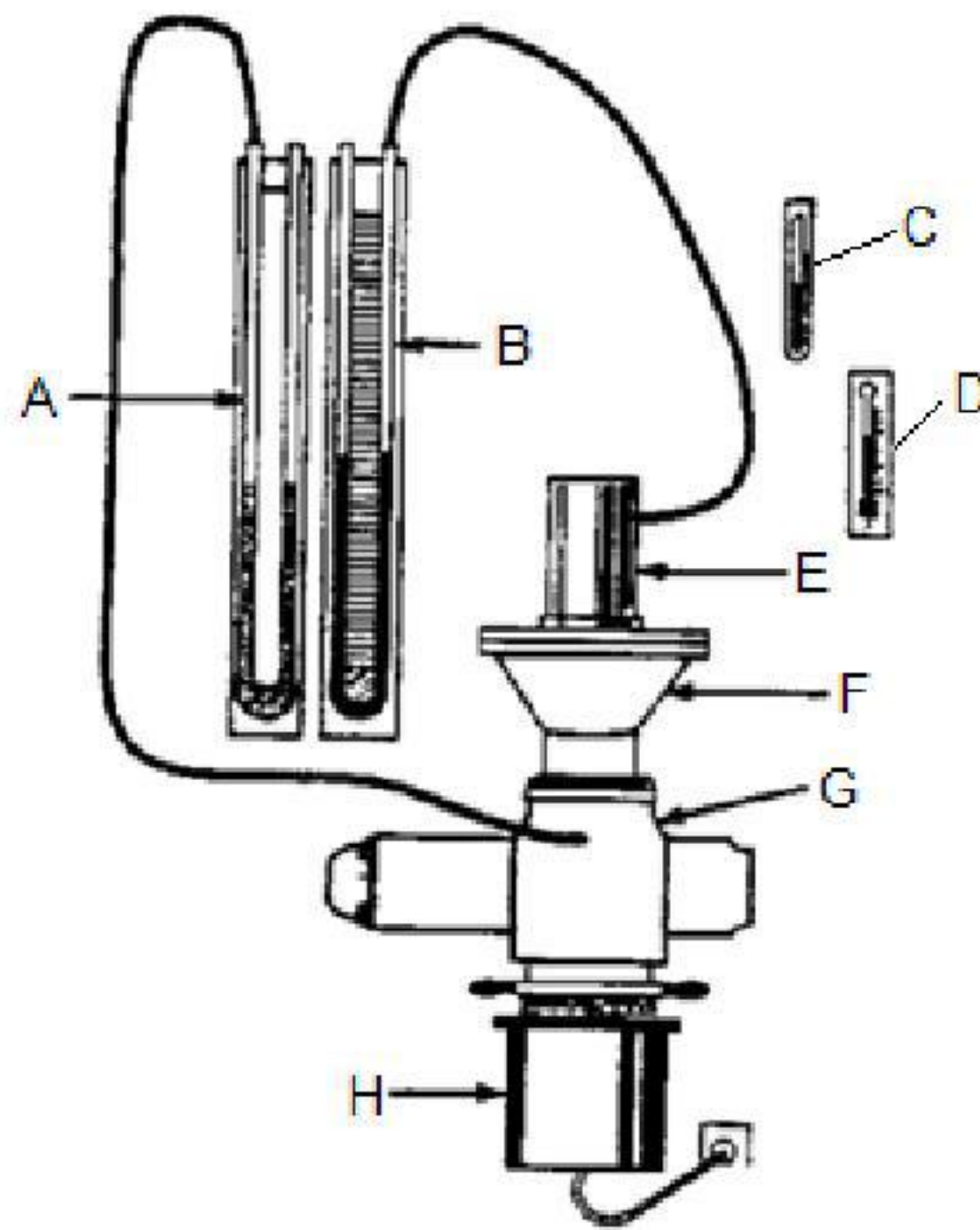
Tabel B.1 – Lembar kalibrasi orifice transfer standard

Tanggal :	Nomor seri <i>Roots</i> Meter :	Ta:	K
Operator :	Nomor seri <i>Orifice</i> :	Pa:	mmHg

Plat atau Voltage variable	Volume awal	Volume akhir	ΔVol.	Δt (menit)	ΔHg (mm)	ΔH ₂ O (mm)		
DATA TABULATION								
V_{std}	(sumbu x) Q_{std}	(sumbu y) [ΔH₂O (Pa/Ta)]^{1/2}	V_a	(sumbu x) Q_a	ΔH₂O [ΔH₂O (Pa/Ta)]^{1/2}			
	m=			m=				
	b=			b=				
	r=			r=				
CALCULATIONS								
V _{std} = ΔVol. [(Pa-ΔHg)/760] (298/Ta)			V _a = ΔVol. [(Pa-ΔHg)/Pa]					
Q _{std} = V _{std} /Δt			Q _a = V _a /Δt					
y = mx + b			y = mx + b					
Persamaan Korelasi Q & Tekanan								
Q _{std} = ([ΔH ₂ O (Pa/Ta)] ^{1/2} - b) (1/m)			Q _a = ([ΔH ₂ O (Pa/Ta)] ^{1/2} - b) (1/m)					

2. Amati tekanan udara dan catat sebagai Pa. Baca suhu lingkungan di sekitar volume meter standar dan catat sebagai Ta (dalam satuan K).
3. Hubungkan *orifice transfer standard* ke inlet volume meter standar. Hubungkan manometer air raksa untuk mengukur tekanan di inlet dari volume meter standar. Hubungkan lubang manometer (air atau minyak) ke keran tekanan pada *orifice transfer*

standard. Hubungkan penggerak udara (motor) volume tinggi ke sisi outlet dari volume meter standar. Pastikan bahwa semua gasket ada dan berada dalam kondisi baik. (lihat Gambar B.1)



Keterangan gambar:

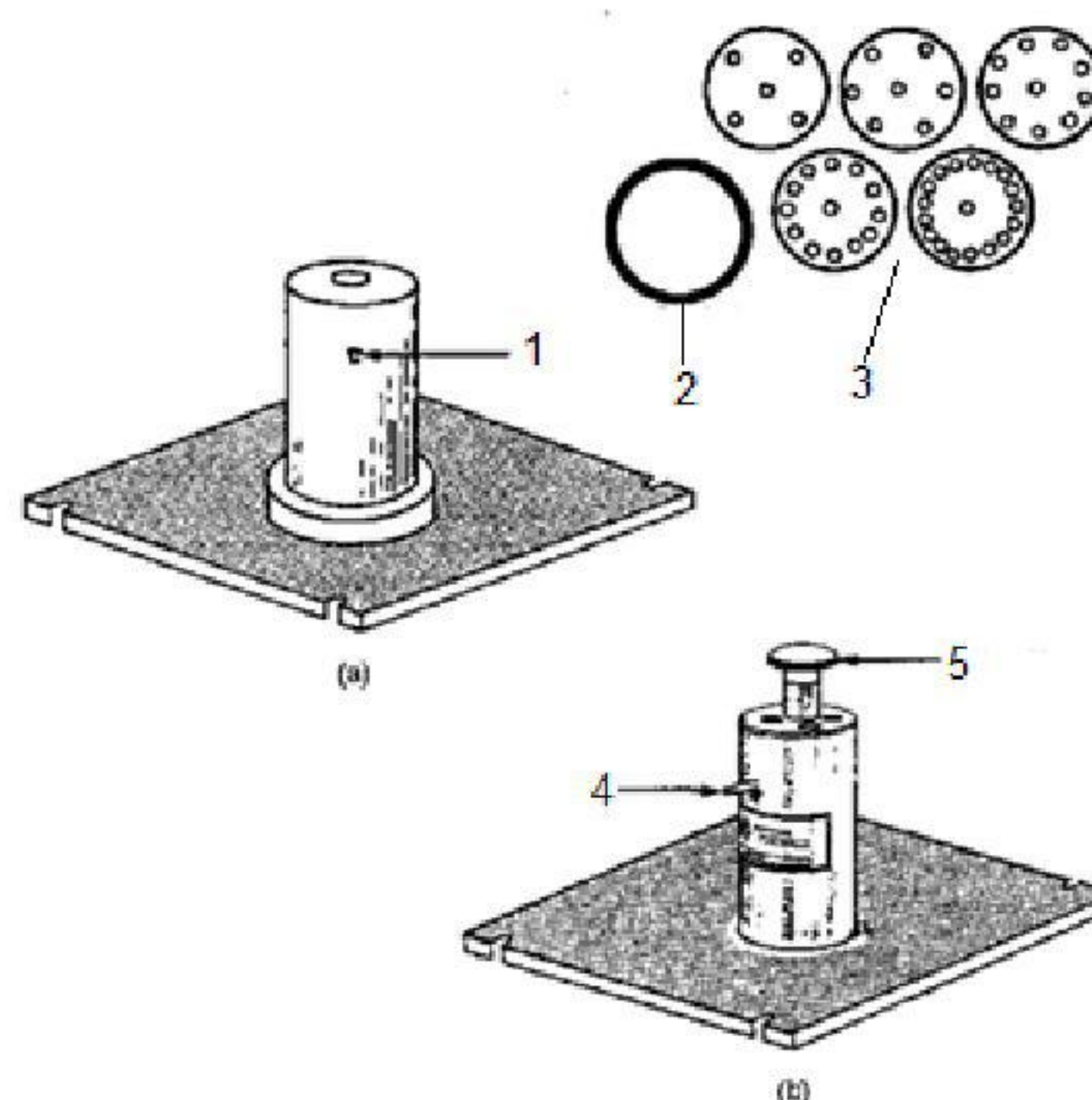
A	adalah manometer air raksa;	E	adalah <i>orifice transfer standard</i>
B	adalah manometer air;	F	adalah <i>filter adapter</i>
C	adalah termometer;	G	adalah volume meter standar
D	adalah barometer;	H	adalah motor HVAS

Gambar B.1 – Rangkaian peralatan saat kalibrasi *orifice*

- Pastikan meja volume meter standar pada posisi datar dan sesuaikan kakinya jika diperlukan.
- Cek kebocoran dengan menjepit sementara kedua saluran manometer (untuk menghindari kehilangan cairan) dan tutup lubang dengan *rubber stopper* yang sesuai, lakban lebar, atau cara lain yang sesuai. Hidupkan penggerak udara (motor) volume tinggi dan catat setiap perubahan dalam pembacaan volume meter standar. Pembacaan harus tetap konstan. Jika ada perubahan pembacaan, cari kebocoran apapun dengan mendengarkan suara siulan dan/atau kencangkan semua sambungan, pastikan bahwa semua gasket terpasang dengan benar.

CATATAN Hindari menjalankan motor selama lebih dari 30 detik dengan lubang tertutup karenamenyebabkan motor menjadi terlalu panas akibat kurangnya pendingin udara. Kelebihan panas dapat meningkatkan suhu dan mengurangi umur motor sehingga dapat merusak isolasi listrik yang dapat mengakibatkan kebakaran atau sengatan listrik kepada pengguna.

- Setelah selesai cek kebocoran, matikan HVAS, buka penutup lubang, dan buka penjepit kedua saluran manometer. Nol-kan manometer air dan manometer merkuri dengan menggeser skala hingga garis nol berada di bagian bawah meniskus.
- Nyalakan HVAS. Sesuaikan transformator variabel tegangan untuk mencapai laju aliran yang sesuai (yaitu dalam kisaran 0,9 m³/menit sampai dengan 1,3 m³/menit). Jika perlu, gunakan pelat *resistans* yang tetap atau katup resistansi variabel untuk mencapai laju aliran yang sesuai (lihat Gambar B.2). Penggunaan pelat resistans tetap tidak disarankan (tapi tidak dilarang) karena cek kebocoran harus diulang setiap kali plat diinstal.



Keterangan gambar:

- (a) adalah *orifice transfer standard* dengan pelat resistans;
- (b) adalah *orifice transfer standard* dengan katup resistans variabel;
- 1,4 adalah katup tekanan statis;
- 2 adalah gasket;
- 3 adalah pelat resistans.

Gambar B.2 – Pelat resistans dan katup resistans variabel

8. Setelah laju alir diatur, biarkan sistem berjalan setidaknya 1 menit untuk mencapai kecepatan motor konstan. Amati pembacaan volume meter standar dan sekaligus memulai pencatat waktu. Kesalahan dalam pembacaan meteran dapat diminimalkan dengan memulai dan menghentikan pencatat waktu pada seluruh atau setiap pembacaan.
9. Catat volume awal meteran yang ditunjukkan ketika pencatat waktu dimulai. Jaga laju aliran konstan sampai setidaknya 3 m³ udara telah melewati volume meter standar. Catat tekanan pada inlet volume meter standar sesuai dengan pembacaan pada manometer air raksa (Hg) dan manometer orifice sebagai perbedaan tinggi H₂O. Jika terjadi perubahan H₂O secara signifikan selama sistem berjalan, matikan sistem dan ulangi kembali.
10. Ketika setidaknya 3 m³ udara telah melewati sistem, perhatikan pembacaan meteran pada volume meter standar dan sekaligus hentikan pencatat waktu. Catat volume akhir yang ada pada meteran ketika pencatat waktu dihentikan. Catat waktu yang ditunjukkan pada pencatat waktu.
11. Hitung Volume terukur oleh volume meter standar menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta \text{Vol.} = \text{Volume Akhir} - \text{Volume Awal}$$

12. Koreksi volume dengan tekanan atmosfer ambien.

$$V_a = \Delta \text{Vol.} \times \frac{(P_a - \Delta Hg)}{P_a}$$

keterangan:

V_a adalah volume aktual pada tekanan barometrik ambien (m^3);
 $\Delta \text{Vol.}$ adalah volume aktual diukur dengan volume meteran standar (m^3);
 P_a adalah tekanan udara ambien selama kalibrasi (mmHg);
 ΔHg adalah perbedaan tekanan di inlet volume meter standar (mmHg).

13. Hitung laju aliran volumetrik aktual (dalam m^3/menit).

$$Q_a = \frac{V_a}{\Delta t}$$

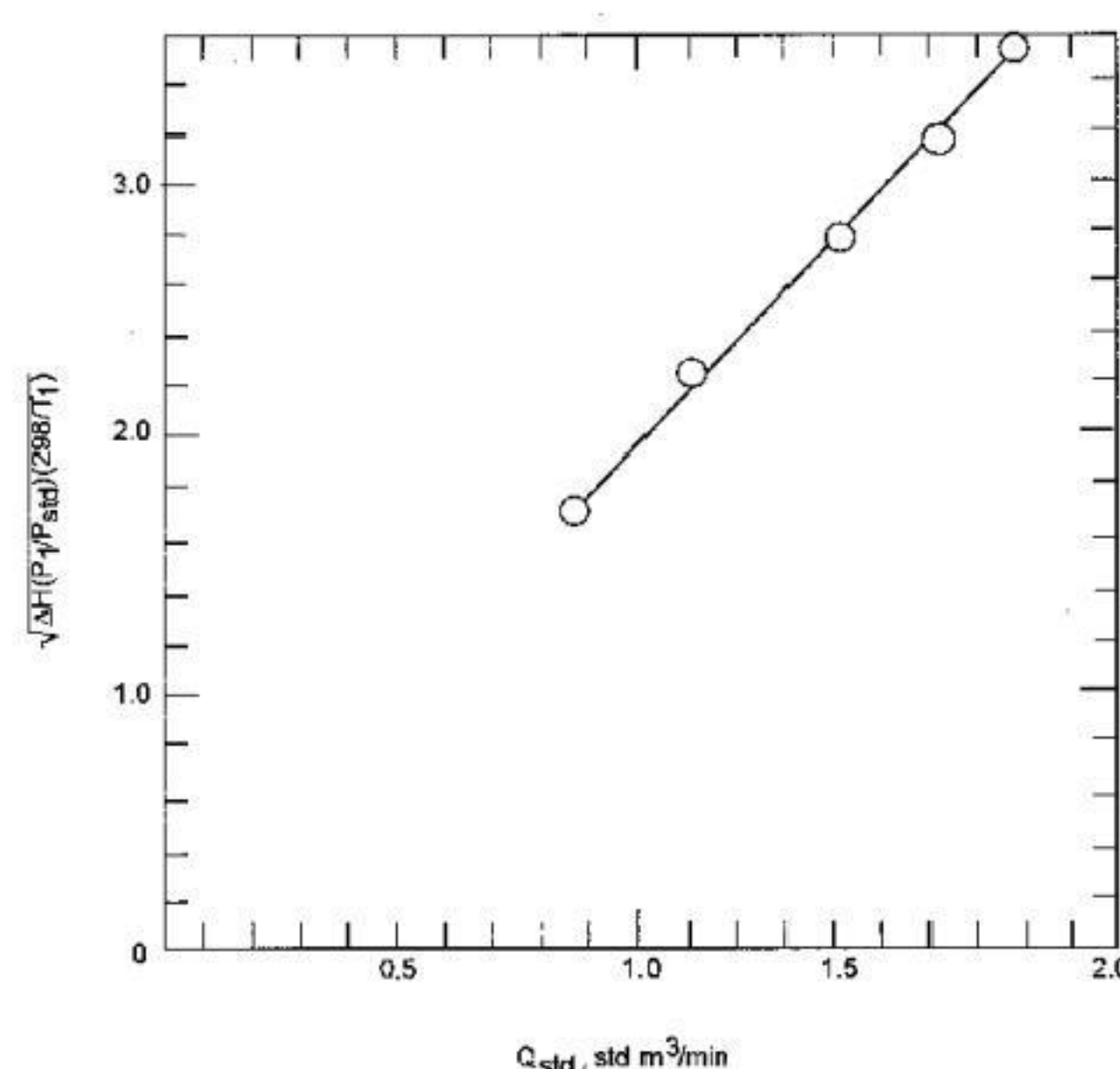
Keterangan:

Q_a adalah laju aliran volumetrik aktual melalui orifice (m^3/menit);
 V_a adalah volume aktual pada tekanan barometrik ambien (m^3);
 Δt adalah waktu kalibrasi (menit).

14. Ulangi langkah 1 sampai dengan 13 setidaknya untuk empat laju alir tambahan dalam kisaran perkiraan $0,9 \text{ m}^3/\text{menit}$ sampai dengan $1,3 \text{ m}^3/\text{menit}$. Setidaknya dibutuhkan lima laju alir yang berbeda dan setidaknya tiga laju alir harus berada di interval yang spesifik ($1,02 \text{ m}^3/\text{menit}$ sampai dengan $1,24 \text{ m}^3/\text{menit}$). Kalibrasi presisi yang lebih baik dapat diperoleh dengan menjalankan laju aliran tambahan atau mengulangi laju aliran.

15. Untuk laju alir lainnya,

- hitung nilai $[(\Delta H_2O) (T_a / P_a)]^{\frac{1}{2}}$, dan plot nilai-nilai ini terhadap nilai Q_a dalam bentuk grafik/kurva (kurva *orifice*);
- buat regresi linear hubungan antara data tekanan dengan laju alir volumetrik kemudian hitung koefisien regresi (r), kemiringan grafik (m) dan *intercept* (b). Koefisien regresi minimum adalah 0,995, jika koefisien korelasi regresi linier (r) < 0,995 periksa kondisi alat dan ulangi pembuatan regresi linear baru.



Gambar B.3 – Contoh grafik kalibrasi orifice

16. Untuk Penggunaan berikutnya dari *orifice transfer standard*, hitung Q_a dari hubungan kalibrasi menggunakan rumus berikut.

$$Q_a = \frac{\left(\sqrt{\Delta H_2O \times \frac{T_a}{P_a}} \right) - b}{m}$$

keterangan:

- Q_a adalah laju alir volumetrik aktual seperti yang ditunjukkan oleh *orifice transfer standard* (m^3/menit);
 ΔH_2O adalah penurunan tekanan yang dibaca di manometer yang disambungkan pada *orifice* (mmH_2O);
 T_a adalah suhu lingkungan selama penggunaan (K);
 b adalah *intercept* dari hubungan kalibrasi *orifice*;
 P_a adalah tekanan udara ambien selama kalibrasi (mmHg);
 m adalah kemiringan dari hubungan kalibrasi *orifice*.



Bibliografi

- [1] *US EPA Method IO-2.1 1999. Sampling of Ambient Air for Total Suspended Particulate Matter (SPM) and PM10 using High Volume (HV) Sampler*
- [2] *Methods of Air Sampling and Analysis, Third Edition 501. High-Volume Measurement of Size Classified Particulate Matter*
- [3] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.



Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek perumus SNI

Komite Teknis 13-03 *Kualitas Lingkungan*

[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI

Ketua : Noer Adi Wardoyo
Wakil Ketua : Giri Darminto
Sekretaris : Diah Wati Agustayani
Anggota :
1. Anwar Hadi
2. Ardeniswan
3. Henggar Hardiani
4. Muhamad Farid Sidik
5. M.S. Belgientie TRO
6. Noor Rachmaniah
7. Oges Susetio
8. Sri Bimo Andy Putro
9. Sunardi
10. Oges Susetio

[3] Konseptor rancangan SNI

Eko Sudaryanto
PT. Sucofindo SBU Laboratorium Cibitung

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Pusat Standardisasi Lingkungan dan Kehutanan
Sekretariat Jenderal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan